

ブレッドボードを用いた 1 チップマイコン実習教材

A Workshop Material on Single Chip Micro Controller using Solderless Breadboard

武藤 浩二 *

Cosy MUTO

Faculty of Education, Nagasaki University

新しい学習指導要領において、「プログラムによる計測・制御」が技術・家庭科で必修化された。この領域の教材としては 1 チップマイコンを利用したロボットが用いられていることも多いが、指導にあたり 1 チップマイコンの基礎的な知識を有することが望ましく、教員養成段階でのカリキュラム構築が求められる。本論文では、ブレッドボードを用いた 1 チップマイコン実習装置及び学部生を対象とした情報処理科目での実習授業の開発について述べる。本実習装置を用いることで、半期一コマのプログラミング実習において 1 チップマイコンを用いた計測・制御を内容に含む授業を構成することができた。

キーワード：プログラムによる計測・制御，1 チップマイコン，ブレッドボード，実習教材

1. まえがき

2008 年に改訂された学習指導要領では、中学校技術・家庭科の技術分野において「プログラムによる計測・制御」が必修化された¹⁾。この中では

- コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること
- 情報処理の手順を考え、簡単なプログラムが作成できること

を指導することとなっているが、その教材としては 1 チップマイコンを利用した各種のロボットが用いられていることも多い²⁾。このような教材を用いて指導するにあたり、1 チップマイコンの基礎的な知識を教員が有することが望ましく、教員養成段階で何らかのカリキュラムを用意しておく必要があるものと考える。

ブレッドボードはハンダ付けをすることなく電子回路を組み上げ、その動作を確認することができる試作用の治具である。回路の製作・変更・修正が容易であるため、試作検討や実験時の製作プラットフォームとして広く用いられている。ブレッドボードを用いた学部レベルの 1 チップマイコン実習授業としては、弘前大で実施されている先行例³⁾がある。この授業では 15 回の授業全てを 1 チップマイコンに担当しているが、割込みの概念及び計測には欠かせない AD 変換が省かれている。

本論文では、「プログラムによる計測・制御」の基盤を形成することを目的に開発したブレッドボードを用いた 1 チップマイコン実習装置及び学部生を対象とした入門レベルのプログラミング実習授業の開発について述べる。まず、開発した実習装置（以下、「本実習装置」と省略する）の構成について述べ、次に開発言語の検討結果を述べる。本実習装置を用いる学部レベルのプログラミング実習授業は、I/O ポートの利用、割込み、キャラクタ液晶ディスプレイの利用、AD 変換による温度計測を内容と

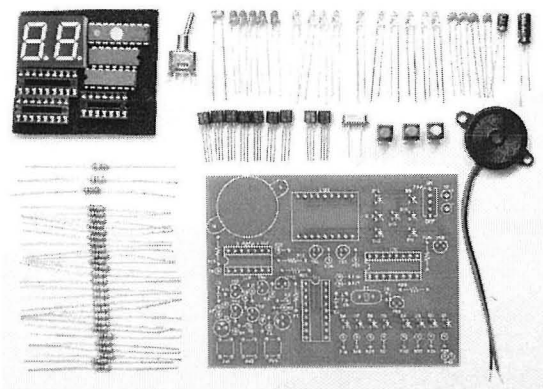


図 1 秋月電子の新居浜高専教材⁴⁾

して構成し、それぞれ 2 回の授業時数で実施することができたので、その構成と実施状況を報告する。

2. 実習装置

1 チップマイコンの実習教材は各種のものが市販されているが、そのほとんどはあらかじめ実習内容が決めている。

例えば図 1 に示すような実習教材ではハードウェアが固定されており、プログラミング実習はそのハードウェアの範囲内で行わなければならない。この実習教材の場合ボードそのものをハンダ付けにより製作しなければならない、製作時間と製作の不手際による動作不良の修復時間を余分に確保しなければならない点が大きな制約事項となる。また図 2 に示すような完成品ボードの場合、1 チップマイコンが制御する対象は別途用意しなければならない、コストの点で制約となる。

本教材では、図 3 に示す基本回路を実装済みとしたブレッドボード、サブ基板化した 16 文字×2 行表示のキャラクタ液晶ディスプレイ、PICKIT2 デバッガ（書込装置）、LED・抵抗・温度センサ・配線材等の周辺部品により実習装置（以下、「本実習装置」）を構成した。ブレッドボー

(2011 年 10 月 31 日受付, 2011 年 12 月 8 日受理)

* 長崎大学 教育学部

2011 年 10 月 第 24 回九州支部大会にて発表

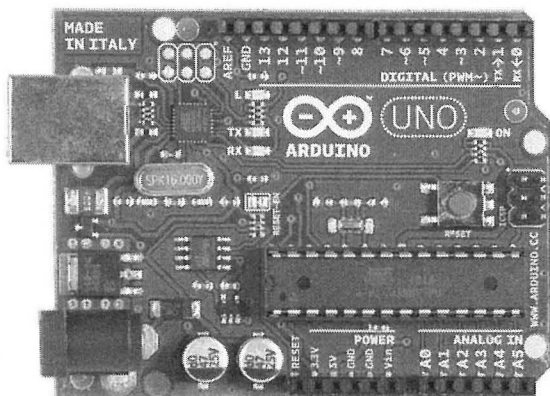


図2 Arduino Uno⁵⁾

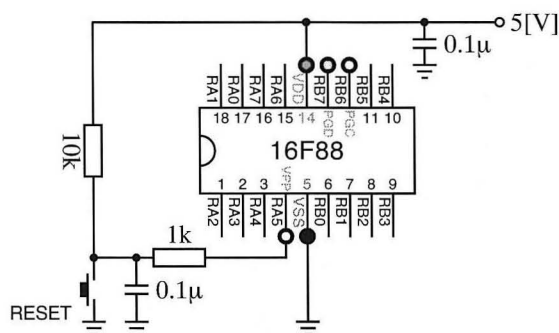


図3 実習装置基本回路 (実装済み)

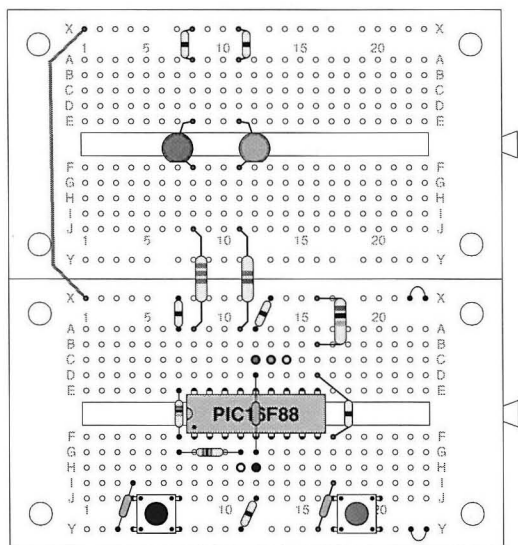


図4 実体配線図の例 (簡易ゲーム)

ドを採用したことで、損耗した部品（抵抗やLED等）の補充のみで毎年繰り返し利用できる、研究活動での試作検討や公開講座等の授業外での一時利用にも容易に対応できるといった利点を有する。

通常マイコン回路にはクロック信号源が必要であるが、本教材ではPICマイコン自身が内蔵するクロックを利用することとし、外部クロックを省略している。このため、

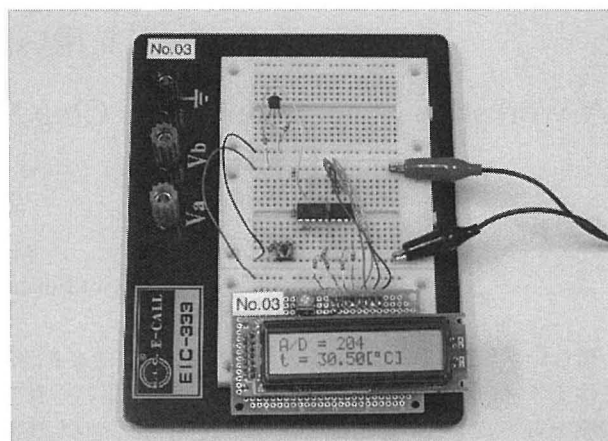


図5 実習装置ブレッドボード外観 (デジタル温度計)

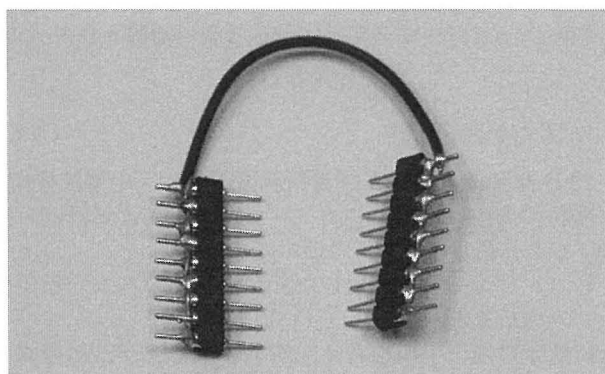


図6 保管時の全ピン短絡治具

電源ピン (V_{DD} 及び V_{SS}) 以外の全てのピンを I/O ポートとして利用することができる。

本実習装置において、回路実装はブレッドボードを利用することとした。これにより容易に周辺回路を構成・修正・変更することができ、自由度の高いシステムを構築することができる。実習テキストにおいては、後述する各実習テーマの回路図のみならず、図4に示すような実体配線図を示し、実装にかかる時間を極力短くするようにしている。図5にデジタル温度計として動作中の本実習装置ブレッドボード外観を示す。

1チップマイコンとして、Microchip社のPIC16F88を用いることとした。PIC16F88は4Kワードのプログラムメモリを持つ8ビットの1チップマイコンで、2つの8ビットIOポート、非同期及び同期シリアル通信機能、PWM、10ビットAD変換、コンパレータ、タイマの機能を有する。

ブレッドボードはその端子間に数十[pF]程度の漂遊容量を持っており、ここに蓄積した電荷がCMOS素子を破壊することがある。このため、保管時にはブレッドボードに装着した1チップマイコンの全てのピンを短絡しておく必要がある。図6は保管時に静電気破壊から1チップマイコンを保護する目的で作成した、全ピンを短絡する治具である。

本実習装置は現在12セットが運用中であり、今後16セットまで拡充する予定である。

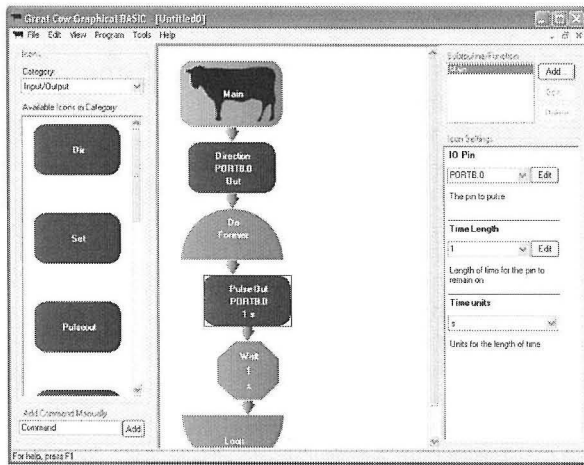


図7 GCGB のプログラム作成画面 (GUI モード)

3. 開発言語

1 チップマイコンのプログラム開発には、アセンブリ言語及び C 言語が広く用いられている。PIC マイコンも同様であり、Microchip 社が無償公開している統合開発環境もアセンブリ言語及び C 言語を搭載している。一方習得の容易な BASIC 言語もホビー用途を中心に普及しており、複数の市販開発環境が存在する。

本実習装置では修得及びプログラムの視覚化の容易性から、オープンソースとして開発・無償公開されている Great Cow Graphical BASIC (以下、「GCGB」)⁶⁾を採用した。当初は市販 BASIC コンパイラの試用版を利用していたが、C 言語並みに全ての変数やパラメータを宣言してソースコードをテキスト入力しなければならず、プログラミングの本質を見失うおそれがあった。このため、2 年目以降は GCGB に変更した。

GCGB は図 7 に示すように、フローチャートの要素を示すアイコンを並べることでプログラムを作成することができる。このためアルゴリズム (フローチャート) が把握できていれば、容易にプログラムを作成することができる。もちろんテキストモードも有しており、ソースコードを直接キーボードから入力することも可能である。一方、GCGB は市販開発環境に比べると、完成度の点で大きく水をあけられている。一つには最適化の概念がないのでメモリ使用効率が悪く、特にキャラクタ液晶ディスプレイ関連のオーバーヘッドが大きい。このため、キャラクタ液晶ディスプレイを用いるアプリケーションでは BASIC ソースコードに比して実行コードが非常に大きなものとなり、メモリ容量の少ない PIC マイコンでは動作しない欠点を有する。またマニュアルも完全ではなく一部の機能はヘルプファイルに掲載もされていないので、そのような情報は開発者 WEB ページの掲示板で得る必要がある。日本語で書かれた解説情報は現時点では存在しないが、他の開発環境に比べメニュー構造が単純でフローチャートのプログラム開発ができる操作の容易性は入門用として適当であると判断した。

表 1 PIC マイコン実習での主要な教授項目

実習テーマ	主要教授項目
LED 点滅	PIC の概要及び IO ポートの基本的な使い方
簡易ゲーム	割込みの概念
文字表示	キャラクタ液晶ディスプレイの利用法
温度計	AD 変換及び符号なし整数型演算での負数

4. 実習授業の構成

本実習装置を用いた授業は、技術専攻の 2 年次後期に「情報処理実習」(必修・1 単位)で実施している¹⁾。15 回の授業を前半 7 回と後半 8 回に分割し、前半では一般的な BASIC 言語によるプログラミングの初歩を、後半で本実習装置を用いた 1 チップマイコンの基本的な使い方を実習している。

前半のプログラミング初歩では Tiny BASIC for Windows⁷⁾を用い、基本的な文法、制御構造 (条件判断、繰り返し)、数値計算に伴う桁落ち、配列、サブルーチンを実習する。実習課題としては

- (1) 1 次方程式
- (2) e , π の近似計算: 繰り返し
- (3) 実係数 2 次方程式: 制御構造と桁落ち
- (4) PIC マイコンのエミュレーション: サブルーチンと関数
- (5) 試験成績の処理: 並べかえ

を取り上げている。

後半の 1 チップマイコンでの実習テーマは

- (1) LED の点滅
- (2) LED の点滅を応用した簡易ゲーム
- (3) キャラクタ液晶ディスプレイへの文字表示
- (4) 温度センサを用いたデジタル温度計

の四つとし、各テーマを 2 回の授業で実施している。テーマ (1) 及び (2) の回路図を図 8 に、(3) 及び (4) の実装回路図を図 9 に示す。図 8 及び 9 において、図中の破線で囲んだ箇所はそれぞれ簡易ゲーム及びデジタル温度計のテーマを実施する際に付加する部分である。各テーマの主要な教授項目は表 1 に示すとおりである。

学校現場で実施されているロボット教材を考えるとモータやアクチュエータを制御するような実習テーマが望ましいが、時間数が足りないため「情報処理実習」の時間枠では実施できていない。しかしながら本学においては 2 年次の「機械工学実験実習」でロボット教材の制御を取り扱っており、この点をカバーしている。

最終実習テーマであるデジタル温度計のソースコードを図 10 に示す。この実習においては 10 ビット AD 変換用に設計された温度センサを用い、AD 変換値を温度に換算する数式を考え、そのプログラムを実装する。用いた温度センサ (Microchip MCP9701-E) は 0[°C]における出力電圧が 400[mV]、温度係数が 19.5[mV/°C]であ

¹⁾ これに先立ち、1 年次後期「情報科学概論」(選択・2 単位)では、計算機アーキテクチャ及び CPU の機械語レベルの動作について講義している。

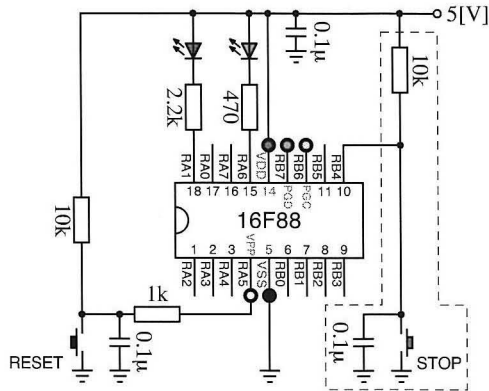


図8 LED点滅及び簡易ゲーム回路図

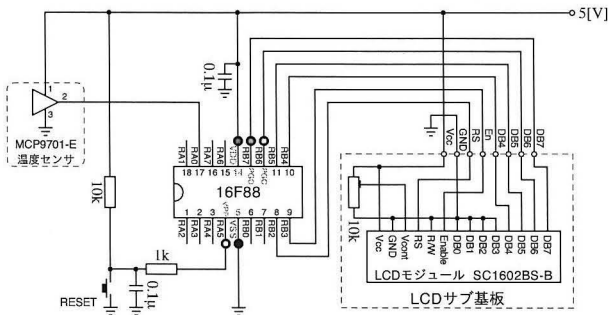


図9 デジタル温度計回路図

るので、出力電圧 V_o は気温を $t[^\circ\text{C}]$ として

$$V_o = 19.5 \times 10^{-3}t + 0.4 \quad [\text{V}] \quad (1)$$

で与えられる。PIC16F88 の AD 変換は 10 ビットであるから、電源電圧を 5[V] とすると分解能は 4.883[mV] となり、0.25[$^\circ\text{C}$] おきの測定が可能となる。一方、PIC マイコンのレジスタや変数は整数値しか取り扱うことができない。そこでこのプログラムでは、AD 変換値から「気温の 100 倍を示す数値」を計算し（ソースコード中の“ $t100 = \text{ADvalue} * 25 - 2050$ ”がこれに該当する）、これを 100 で割った商と剰余で気温の整数部と小数部を得、これらを個別に液晶画面に表示するようにしている。

学生には、温度が負（氷点下）になった時のプログラムの挙動を符号なし整数型演算の条件下で考えさせ、これに対応するためのプログラム修正までを実習している。具体的には、AD 変換値が 0[$^\circ\text{C}$] に相当する値より小さい場合にフラグを立て、異なる計算式で気温を計算し表示する手順を検討させている。

5. むすび

本論文では、1 チップマイコンの基本的事項を習得するための実習教材と学部学生向けの入門レベル授業の開発について述べた。実習装置はブレッドボードを用いて基本回路部分のみを実装済みとし、他の部品は必要に応じて自由自在に装着することができるようにした。また GUI によりフローチャートのプログラム開発ができる BASIC 言語を用いることで、プログラミングの敷居を低くすることにも配慮した。実習授業は、I/O ポートの簡単

```
;Chip Settings
#chip 16F88,8
#config MCLR=ON, OSC=INTRC_IO
;Defines (Constants)
#define LCD_IO 4
#define LCD_RS PORTB.2
#define LCD_Enable PORTB.3
#define LCD_NO_RW
#define LCD_DB4 PORTB.4
#define LCD_DB5 PORTB.5
#define LCD_DB6 PORTB.6
#define LCD_DB7 PORTB.7
#define degree 0xdf
;Variables
Dim ADvalue As word
Dim t100 As word
Dim tint As byte
Dim tflt As byte
;Main routine
Dir PORTA.0 in
Do Forever
    ADvalue = ReadAD10(AN0)
    t100 = ADvalue * 25 - 2050
    tint = t100 / 100
    tflt = t100 - tint * 100
    CLS
    Print "A/D = "
    LCDWord ADvalue
    LOCATE 1, 0
    Print "t = "
    LCDInt tint
    Print "."
    LCDInt tflt
    Locate 1, 9
    Print "[ C]"
    Put 1, 10, degree
    Wait 1 s
Loop
```

図10 デジタル温度計のソースコード（正温度のみ）

な制御から AD 変換までの基礎的な事項に限定しながらも、1 チップマイコン特有の数値の取扱いなどに注意した内容を選定して構成した。本教材を用いることで、半期一コマの授業においても 1 チップマイコンを用いたプログラミング実習の実施を可能とすることができた。

本教材は新しい学習指導要領に規定された計測・制御分野の指導において基礎となる 1 チップマイコンの基本的な動作とプログラミングの初歩を修得できる内容で構成したものと考えているが、学校現場での活用可能性については今後さらに検討していく必要がある。実習授業については、題材の適切性・難易度についてのアンケート調査による評価が今後必要である。また対象物を制御するような実習テーマ、例えばアクチュエータの制御や光を検知する照明制御のような題材も取り扱うことが可能かどうかを検討したい。さらに現職教員向けの教育（例えば教員免許状更新講習等）についても実施を検討していきたい。

参考文献

- 1) 文部科学省告示第 28 号, 中学校学習指導要領, (2008)
- 2) 例えば 田口, 古庄, 萩嶺: “ロボット製作題材における自己指導能力の育成についての研究”, 日本産業技術教育学会九州支部論文集, 18, (2011), 101-108
- 3) 小山智史: “AVR マイコンで学ぶコンピュータの仕組み”,
<http://siva.cc.hirosaki-u.ac.jp/usr/koyama/lecture/text/avr/>
- 4) 秋月電子通商, 新居浜高専 PIC マイコン学習キット,
<http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-01002/>
- 5) The Arduino Team, “Arduino Uno,”
<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- 6) H.Considine, *et.al*: Great Cow Graphical BASIC,
<http://gcbasic.sourceforge.net/>
- 7) 竹内照雄: Tiny BASIC for Windows, version 1.21,
<http://www2.cc.niigata-u.ac.jp/~takeuchi/tbasic/>

Abstract

In the new course of study, “measurements and control by the program” has become a must material in the technology and home class. Since robot materials using single chip micro controller have been widely used as learning materials in this filed, building a curriculum on such controller at teacher education course is desired. In this paper, we discuss a development of the workshop material on single chip micro controller using solderless breadboard and the workshop class for undergraduate students. As a result, we are able to develop a semester workshop class (90 minutes × 15 times) on programming which includes measurement and control using a single chip micro controller.

Keywords: Measurements and control by the program, Single chip micro controller, Solderless breadboard, Workshop material